

(51)Int.Cl.⁵G 0 8 G 5/04
5/06
9/02

識別記号

府内整理番号
A 7531-3H
A 7531-3H
A 7531-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 発明の数31 O.L (全22頁)

(21)出願番号

特願平6-29955

(22)出願日

平成6年(1994)2月28日

(31)優先権主張番号 023761

(32)優先日 1993年2月26日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590004877

レイセオン・カンパニー

RAYTHEON COMPANY

アメリカ合衆国マサチューセッツ州カウント
ティ・オブ・ミドルセックス、レキシントン(番地なし)

(72)発明者 ピーター・エル・フーヴァー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01752,
マールボロ、ケレハー・ストリート20

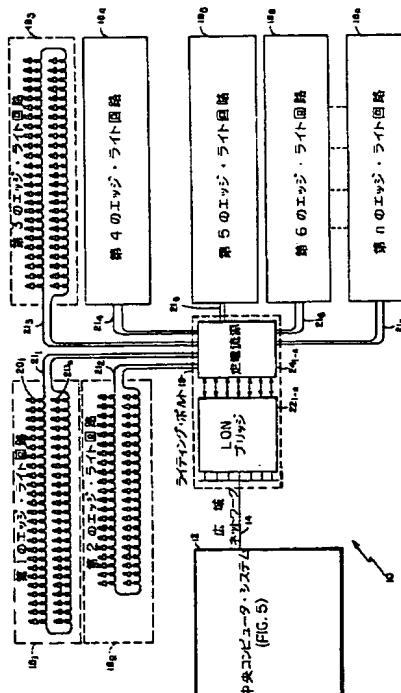
(74)代理人 弁理士 湯浅 恭三(外6名)

(54)【発明の名称】 空港侵入回避システム

(57)【要約】

【目的】 空港における滑走路や誘導路への航空機及びその他の車両の侵入回避システムを提供する。

【構成】 滑走路及び誘導路に沿ってエッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} を配置し、各エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} にセンサ 50 を配置する。各センサ 50 の出力は、エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} 内のマイクロプロセッサ 44 に至り、更に中央コンピュータ・システム 12 に送られる。データはこの中央コンピュータ・システム 12 で処理されて、管制塔のディスプレイ 30 に空港の地上交通全体の状況がグラフィック表示される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空港侵入回避システムであって、それが複数のライト・アセンブリ手段を備えた、空港における複数のライト回路と、前記複数のライト回路のそれぞれと前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれとに電力を提供する手段と、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれにおいて前記空港の地上交通を感知する手段と、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれから受信したデータを処理する手段と、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれと前記処理手段との間のデータ通信を提供する手段と、を備えており、前記処理手段は、前記地上交通を表しそれぞれが方向及び速度データを表示させるシンボルを有する前記空港のグラフィック表示を提供する手段を備え、前記処理手段は、前記感知手段から受信したデータに従って空港侵入の生起を予測する手段を備え、更に、空港管制官又は航空機パイロットに、前記予測された空港侵入について警告する手段を備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 2】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト回路のそれぞれが、前記空港の誘導路又は滑走路のエッジに沿って配置されていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 3】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記感知手段が赤外線検出器を備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 4】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト・アセンブリ手段が、前記電力提供手段の前記ラインに結合され、前記空港をライティングするライト手段と、前記感知手段と、

前記ライト手段と、前記感知手段と、前記データ通信手段とに結合され、前記ライト・アセンブリ手段に処理と通信と制御とを提供し、前記空港の前記ライト手段の複数のライティング・パターンを制御するマイクロプロセッサ手段と、を備えており、前記データ通信手段は、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力提供手段の前記ラインとに結合されていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 5】 請求項 4 記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト・アセンブリ手段が、前記マイクロプロセッサ手段に結合され前記ライト手段の光の強度を検出するフォトセル手段を更に備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 6】 請求項 4 記載の空港侵入回避システムであって、

前記ライト・アセンブリ手段が、前記マイクロプロセッサ手段に結合されたストローブ・ライトを更に備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 7】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記処理手段が故障許容動作のための冗長コンピュータを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 8】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記地上交通を表す前記シンボルが、航空機又は車両のタイプを指示する形状を有するアイコンを含むことを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 9】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記処理手段が、前記ライト・アセンブリ手段から受信した前記データに従って、前記空港の前記グラフィック表示上の前記シンボルの位置を決定することを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 10】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記処理手段が、地上クリアランス命令に基づく前記地上交通の、前記グラフィック表示上に示されている将来経路を決定することを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 11】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、空港侵入の生起を予測する前記処理手段が、前記地上交通の位置と方向と速度とを、前記空港に対する所定のセパレーション・ミニマムと比較する手段を備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 12】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記電力提供手段が、前記複数のライト回路のそれぞれに個別のラインを提供する定電流電力手段と、前記定電流電力手段に結合され、前記定電流電力手段の各ラインに対して、前記処理手段への通信チャネルを提供するネットワーク・ブリッジ手段と、を備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 13】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記警告手段が、スピーカに接続されたスピーチ統合ユニットを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 14】 請求項 1 記載の空港侵入回避システムであって、前記警告手段が、無線送信機に接続されたスピーチ統合ユニットを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項 15】 空港侵入回避システムであって、それが複数のライト・アセンブリ手段を備えた、空

港における複数のライト回路と、
前記複数のライト回路のそれぞれに個別のラインを提供する定電流電力手段と、
前記定電流電力手段に結合され、前記定電流電力手段のそれぞれに対して、前記処理手段への通信チャネルを提供するネットワーク・ブリッジ手段と、
前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれにおいて前記空港の地上交通を感知する赤外線検出器手段と、
前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれから受信した地上交通データを処理する手段と、
前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれと前記処理手段との間の前記電力提供手段のライン上のデータ通信を提供する手段と、を備えており、
前記処理手段は、前記ライト・アセンブリ手段から受信した前記地上交通データに従って配置された前記地上交通を表しそれぞれが方向及び速度データを表示させるシンボルを有する前記空港のグラフィック表示を提供する手段を備え、
前記処理手段は、前記感知手段から受信した前記地上交通データに従って空港侵入の生起を、前記地上交通データの位置と方向と速度とを前記空港に対する所定のセパレーション・ミニマムと比較することを含んで予測する手段を備え、更に、
空港管制官又は航空機パイロットに、前記予測された空港侵入について警告する手段を備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項16】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト回路のそれぞれが、前記空港の誘導路又は滑走路のエッジに沿って配置されていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項17】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト・アセンブリ手段が、前記電力提供手段の前記ラインに結合され、前記空港をライティングするライト手段と、前記赤外線検出器感知手段と、前記ライト手段と、前記感知手段と、前記データ通信手段とに結合され、前記ライト・アセンブリ手段に処理と通信と制御とを提供し、前記空港の前記ライト手段の複数のライティング・パターンを制御するマイクロプロセッサ手段と、を備えており、前記データ通信手段は、前記マイクロプロセッサ手段と前記定電流電力提供手段の前記ラインとに結合されていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項18】 請求項17記載の空港侵入回避システムであって、前記ライト・アセンブリ手段が、前記マイクロプロセッサ手段に結合され前記ライト手段の光の強度を検出するフォトセル手段を更に備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項19】 請求項17記載の空港侵入回避システムであって、

前記ライト・アセンブリ手段が、前記マイクロプロセッサ手段に結合されたストローブ・ライトを更に備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項20】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、

前記処理手段が故障許容動作のための冗長コンピュータを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項21】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、

前記地上交通を表す前記シンボルが、航空機又は車両のタイプを指示する形状を有するアイコンを含むことを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項22】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、

前記処理手段が、地上クリアランス命令に基づく前記地上交通の、前記グラフィック表示上に示されている将来経路を決定することを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項23】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、

前記警告手段が、スピーカに接続されたスピーチ統合ユニットを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項24】 請求項15記載の空港侵入回避システムであって、

前記警告手段が、無線送信機に接続されたスピーチ統合ユニットを備えていることを特徴とする空港侵入回避システム。

【請求項25】 空港侵入回避システムを提供する方法であって、

それが複数のライト・アセンブリ手段を備えた、空港における複数のライト回路を提供するステップと、前記複数のライト回路のそれぞれに電力を提供するステップと、

前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれにおける手段を用いて前記空港の地上交通を感知するステップと、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれから受信したデータをコンピュータ手段において処理するステップと、前記地上交通を表しそれぞれが方向及び速度データを表示させるシンボルを有する前記空港のグラフィック表示を提供するステップと、

前記コンピュータ手段と前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれとの間のデータ通信を提供するステップと、前記感知手段から受信したデータに従って空港侵入の生起を予測するステップと、

空港管制官又は航空機パイロットに、前記予測された空港侵入について警告するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 26】 請求項 25 記載の方法であって、前記空港の前記地上交通を感知する前記ステップが、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力ラインとに結合されたライト手段を用いて前記空港をライティングするステップと、感知手段を提供するステップと、前記ライト手段と、前記感知手段と、データ通信手段とに結合されたマイクロプロセッサ手段を用いて、前記ライト・アセンブリ手段内の処理と通信と制御とを実行するステップと、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力ラインとの間に前記データ通信手段を結合するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 27】 請求項 25 記載の方法であって、データを処理する前記ステップが、故障許容のための冗長コンピュータを動作させるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 28】 請求項 25 記載の方法であって、電力を提供する前記ステップが、定電流電力手段を用いて、前記複数のライト回路のそれぞれに個別のラインを提供するステップと、ネットワーク・ブリッジ手段を用いて、前記定電流電力手段の各ラインに対して、前記コンピュータ手段への通信チャネルを提供するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 29】 請求項 25 記載の方法であって、前記地上交通を表すシンボルを含むグラフィック表示を提供する前記ステップが、さまざまな形状のアイコンを用いて航空機又は車両のタイプを指示するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 30】 請求項 25 記載の方法であって、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれからの前記データを処理する前記ステップが、前記データに従って前記空港の前記グラフィック表示上の前記シンボルの位置を決定するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 31】 請求項 25 記載の方法であって、空港侵入の生起を予測するステップが、地上クリアランス命令に従って前記地上交通の将来経路を決定し、前記グラフィック表示上に前記将来経路を示すステップを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、空港での地上衝突回避システムに関し、更に詳しくは、主に空港の誘導路や滑走路での航空機又はその他の車両の運動を監視・管制・予測する装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、空港における航空機の地上での制御は、管制塔にいる航空交通の管制官によって視覚的になされている。視覚条件が悪い場合には、管制官が空港

内のすべての地上領域を見渡すのが、しばしば不可能となる。視覚条件が悪い間は、地上表面におけるレーダが空港全体をカバーすることの助けとなるが、このレーダは、滑走路侵入問題の解決において重要な役割を果たすものの、この問題全体を解消することはできない。滑走路侵入は、「空港における地上の航空機、車両、人間又はそれ以外の物体に関わる任意の事象であって、衝突の危険を生じる、又は、離陸中、離陸準備中、着陸中又は着陸準備中の航空機との離間の喪失を結果的に生じる事象」と定義される。米国連邦行政局（F A A）は、全米の上位 100箇所の空港の中の 29 の空港における地上表面レーダのコストを正当化し得るだけとの評価を下している。しかし、そのようなレーダでは、位置情報が与えられるだけであって、管制官に航空機の間の衝突の可能性を警告することはできない。

【0003】従来技術では、航空機が誘導路上のある地点に達する時刻を感知するのに航空機の管制及びモニタリング・システムが用いられ、このシステムが、スイッチングライトのオンオフを制御して滑走路にどの時点で侵入可能であるかをパイロットに指示する。このシステムは、マイクロ波センサ情報を管制塔のコンピュータに送る。このコンピュータには、空港の照明を制御しディスプレイ又は管制パネルを介して空港での照明に関する故障情報をオペレータに提供するソフトウェアが備わっている。このようなシステムが、米国オハイオ州コロンバス市にあるジーメンス社の関連会社である A D B - A L N A C O 社の製作によるバイディレクショナル・シリーズ・7・トランシーバ（B R I T E E）の販売情報で説明されている。しかし、このシステムでは、空港の地上領域にあるすべての車両の位置は示されず、車両侵入の可能性が検出及び回避され得ない。

【0004】空港の地上交通管制への広く知られたアプローチは、Kバンドなどの高い周波数で動作する走査レーダを使用して妥当な明瞭度（definition）及び解像度（resolution）を得るというものである。空港における現在使用されているこのタイプの地上交通管制装置は、当該技術においては、空港地上検出装置（A S D E）として知られている。しかし、この装置は監視を与えるだけであり、地上にある航空機の離散的な識別は得られない。また、比較的高いアンテナ塔と、その上の比較的大型の回転アンテナ・システムとが必要になる。

【0005】空港の地上監視への別のアプローチは、Arnold M. Levine に 1974 年 3 月 18 日に発行され、米国ニューヨーク州ニューヨーク市の International Telephone and Telegraph 社に譲渡された米国特許第 3872474 号で説明されているシステムである。このシステムは、LOCAR（Localized Cable Radar）と称され、滑走路ランプ又は誘導路の対

向する側に沿って並び、限定されたレンジを有し時系列化された、一連の小さな低電力の幅の狭いパルスを送信するレーダから成っている。Arnold M. Levineに1980年4月8日に発行された別の米国特許第4197536号には、空中交通管制ラジオビーコン・システム (ATCRBS) と計器着陸システム (ILS) とを備えた航空機のための空港の地表識別及び管制システムが説明されている。しかし、これらのアプローチは、高価であって特別のケーブルが必要であり、また、航空機及びその他の車両に備え付ける識別目的のための高価な装置も必要になる。

【0006】特定のタイプの車両に対する特有 (ユニーク) な車輪の構成によって与えられる「足跡」の特有な特性を識別することによって航空機のタイプなどの車両識別をするアプローチが、Gerald R. Smith外に1975年3月18日に発行され、米国ジョージア州アトランタのCadre社に譲渡された米国特許第3872283号で説明されている。

【0007】空港における赤外線センサを用いた監視、誘導及び消火のための自動化システムが、Maria V. Z. Murgiaに1989年7月4日に発行された米国特許第4845629号に説明されている。この赤外線センサは、飛行レーンに沿って配置され、その出力信号はコンピュータによって処理されて、当該飛行レーンに沿った航空機の移動に関する情報を提供する。位置検出器が与えられて、誘導路や格納エリアにおける航空機の位置を検出する。しかし、このシステムでは、滑走路及び誘導路に沿ったエッジ・ライトとそれに伴う配線に関しての教示ではなく、起り得る車両侵入を検出し回避することができない。

【0008】本発明が上記の従来技術の短所を克服して低コストの空港侵入回避システムを提供する態様は、以下の説明から明らかになるであろう。

【0009】

【発明の概要】したがって、空港において可能性のある航空機又は車両侵入を検出するシステムを提供することが本発明の目的である。

【0010】滑走路及び誘導路に沿ってエッジ・ライト・アセンブリと関連するワイヤリングとを用いて、低コストの空港侵入回避システムを提供することもまた、本発明の目的である。

【0011】方向及び速度データを含むすべての地上交通の位置を示す空港のグラフィック表示を生じる空港侵入回避システムを提供することもまた、本発明の目的である。

【0012】空中交通管制官又は航空機のパイロットに音声上の警告を発する空港侵入回避システムを提供することもまた、本発明の目的である。

【0013】これらの目的は、空港侵入回避システムであって、それぞれが複数のライト・アセンブリ手段を備

えた空港における複数のライト回路と、前記複数のライト回路のそれぞれと前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれとに電力を提供する手段と、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれにおいて前記空港の地上交通を感知する手段と、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれから受信したデータを処理する手段と、前記ライト・アセンブリ手段と前記処理手段とのそれぞれの間のデータ通信を提供する手段と、を備えており、前記処理手段は、前記地上交通を表しそれぞれが方向及び速度データを表示させるシンボルを有する前記空港のグラフィック表示を提供する手段を備え、前記処理手段は、前記感知手段から受信したデータに従って空港侵入の生起を予測する手段を備え、更に、空港管制官又は航空機パイロットに、前記予測された空港侵入について警告する手段を備えていることを特徴とする空港侵入回避システムを提供することによって、達成される。前記ライト回路のそれは、前記空港の誘導路又は滑走路のエッジに沿って配置されている。前記感知手段は赤外線検出器を備えている。前記ライド・アセンブリ手段は、前記電力提供手段の前記ラインに結合され前記空港をライティングするライト手段と、前記感知手段と、前記ライト手段と前記感知手段と前記データ通信手段とに結合され前記ライト・アセンブリ手段に処理と通信と制御とを提供し前記空港の前記ライト手段の複数のライティング・パターンを制御するマイクロプロセッサ手段とを備えており、前記データ通信手段は、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力提供手段の前記ラインとに結合されている。前記ライト・アセンブリ手段は、前記マイクロプロセッサ手段に結合され前記ライト手段の光の強度を検出するフォトセル手段を更に備えている。前記ライト・アセンブリ手段は、前記マイクロプロセッサ手段に結合されたストローブ・ライトを更に備えている。前記処理手段は故障許容動作のための冗長コンピュータを備えている。前記地上交通を表す前記シンボルは、航空機又は車両のタイプを指示する形状を有するアイコンを含む。前記処理手段は、前記ライト・アセンブリ手段から受信した前記データに従って、前記空港の前記グラフィック表示上の前記シンボルの位置を決定する。前記処理手段は、地上クリアランス命令に基づく前記地上交通の、前記グラフィック表示上に示されている将来経路を決定する。空港侵入の生起を予測する前記処理手段は、前記地上交通の位置と方向と速度とを、前記空港に対する所定のセパレーション・ミニマムと比較する手段を備えている。電力提供手段は、前記複数のライト回路のそれぞれに個別のラインを提供する定電流電力手段と、前記定電流電力手段に結合され前記定電流電力手段の各ラインに対して前記処理手段への通信チャネルを提供するネットワーク・ブリッジ手段と、を備えている。前記警告手段は、スピーカに接続されたスピーチ統合ユニットを備え、また、無線送信機に接続されたスピーチ統合ユニットを備えで

いる。

【0014】本発明の目的は、更に、空港侵入回避システムを提供する方法であって、それぞれが複数のライト・アセンブリ手段を備えた空港における複数のライト回路を提供するステップと、前記複数のライト回路のそれぞれに電力を提供するステップと、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれにおける手段を用いて前記空港の地上交通を感知するステップと、前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれから受信したデータをコンピュータ手段において処理するステップと、前記地上交通を表しそれぞれが方向及び速度データを表示させるシンボルを有する前記空港のグラフィック表示を提供するステップと、前記コンピュータ手段と前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれとの間のデータ通信を提供するステップと、前記感知手段から受信したデータに従って空港侵入の生起を予測するステップと、空港管制官又は航空機パイロットに、前記予測された空港侵入について警告するステップと、を含むことを特徴とする方法によって達成される。前記空港の前記地上交通を感知する前記ステップは、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力ラインとに結合されたライト手段を用いて前記空港をライティングするステップと、感知手段を提供するステップと、前記ライト手段と、前記感知手段と、データ通信手段とに結合されたマイクロプロセッサ手段を用いて、前記ライト・アセンブリ手段内の処理と通信と制御とを実行するステップと、前記マイクロプロセッサ手段と前記電力ラインとの間に前記データ通信手段を結合するステップと、を含む。データを処理する前記ステップは、故障許容のための冗長コンピュータを動作させるステップを含む。電力を提供する前記ステップは、定電流電力手段を用いて前記複数のライト回路のそれぞれに個別のラインを提供するステップと、ネットワーク・ブリッジ手段を用いて前記定電流電力手段の各ラインに対して前記コンピュータ手段への通信チャネルを提供するステップと、を含む。前記地上交通を表すシンボルを含むグラフィック表示を提供する前記ステップは、さまざまな形状のアイコンを用いて航空機又は車両のタイプを指示するステップを含む。前記ライト・アセンブリ手段のそれぞれからの前記データを処理するステップは、前記データに従って前記空港の前記グラフィック表示上の前記シンボルの位置を決定するステップを含む。空港侵入の生起を予測するステップは、地上クリアランス命令に従って前記地上交通の将来経路を決定し、前記グラフィック表示上に前記将来経路を示すステップを含む。

【0015】

【実施例】図1には、空港車両侵入回避システム10のブロック図が示してあり、このシステムは複数のライト回路18_{1-n}を有し、この各ライト回路18_{1-n}は、ワイヤリング21_{1-n}を介してライティング・ポールト16に接続した複数のエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}

を備えている。ライティング・ポールト16は、広域ネットワーク14を介して中央コンピュータ・システム12に接続する。エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}のそれぞれは、赤外線(I R)検出器車両センサ50(図2)を有している。

【0016】エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}は、一般的に、空港の滑走路及び誘導路の側面に沿って平均で100フィートの間隔で配置し、単一導体の直列エッジ・ライト・ワイヤリング21_{1-n}によってライティング・ポールト16に相互接続する。各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}は、ワイヤリング21_{1-n}を介して、ライティング・ポールト16内に配置した定電流源24_{1-n}によって電力を供給される。

【0017】図1及び図2を参照すると、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}と中央コンピュータ・システム12との間の通信は、エッジ・ライト・ワイヤリング21_{1-n}と広域ネットワーク14とを相互接続するLONブリッジ22_{1-n}によって達成されている。各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}に配置されたマイクロプロセッサ44からの情報は、電力線モジュム54を介してエッジ・ライト・ワイヤリング21_{1-n}に結合される。LONブリッジ22_{1-n}は、エッジ・ライト回路18_{1-n}からのメッセージ情報を、ワイヤリング21_{1-n}を介して広域ネットワーク14に転送する。広域ネットワーク14は、中央コンピュータ・システム12への送信経路を与える。これらの回路素子は、また、中央コンピュータ・システム12から各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}の中のマイクロプロセッサ44への帰還経路通信リンクを与える。エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}と中央コンピュータ・システム12との間のデータ通信のための装置及び方法には、たとえば無線技術など、これ以外の当業者に公知のものがあるが、エッジ・ライト・ワイヤリング21_{1-n}上のデータ通信を与えるこの実施例が、現在の空港については低コストのシステムを提供する。LONブリッジ22_{1-n}は、カリフォルニア州パロアルトのEchelon社製造の装置によって具体化され得る。広域ネットワーク14は、標準的なイーサネット又はファイバ分散型データ・インターフェース(FDDI)素子を用いて当業者によって実現され得る。定電流源24は、コネチカット州ウインスローのCrouse-Hinds社製造の装置によって具体化され得る。

【0018】次に図2及び図3を参照すると、図3は、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}の図解を示している。エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}は、白熱灯40と車両センサ50を備えた電子エンクロージャ43の上部に設置された光学ストローブ・ライト・アセンブリ48とを含むベゼル(bezel)を有している。電子エンクロージャ43は、ベース・サポート56から延長する管状のシャフトの頂部に位置している。白熱ランプ

40を有するライト・アセンブリ・ベゼルとベース・サポート56とは、コネチカット州ウインスローのCruse-Hinds社製造の装置によって具体化され得る。

【0019】電子エンクロージャ43の内部のブロック図が図2に示されており、エッジ・ライト・ワイアリング21_{1-n}に接続された結合変圧器53を含んでいる。結合変圧器53は、ランプ制御トライアック42を介して白熱ランプ40に、また、マイクロプロセッサ電源52に電力を供給し、更に、結合変圧器53は、エッジ・ライト・ワイアリング21_{1-n}を介して、電力線モデル54とLONプリッジ22_{1-n}との間にデータ通信経路を供給する。マイクロプロセッサ44は、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}を制御する内部ソフトウェア・プログラムを動かすためのコンピュータ電力を供給する。マイクロプロセッサ44は、マイクロプロセッサ電源52によって電力を供給されている。また、マイクロプロセッサ44に接続されているものには、ランプ制御トライアック42、ランプ監視フォトセル46、光学ストローブ・ライト・アセンブリ48、車両センサ50、及び、データ通信モデル54がある。マイクロプロセッサ44は、白熱エッジランプ40の照度と光学ストローブ・ライト・アセンブリ48とを制御するのに用いられる。各ライト・アセンブリ20_{1-n}でマイクロプロセッサ44を使用することによって、フィールド上の各ライトに対する完全にアドレス指定可能な制御が可能になる。マイクロプロセッサ44は、ニューロン(Non-Commercial登録)・チップと呼ばれるカリフォルニア州94304パロアルトのEchelon社製造のVLSIデバイスによって具体化され得る。

【0020】更に図2において、この実施例のセンサ50は、赤外線(IR)検出器を備えているが、他の実施例では、近接検出器、CCDカメラ、マイクロ波運動検出器、インダクタンス・ループ、又は、レーザ・ビーム等の他のデバイスを含み得る。マイクロプロセッサ44の中のプログラムが、センサ50から受け取ったセンサ・データの最初のフィルタリングを行い、また、そのデータを中央コンピュータ・システム12に送信する。センサ50は、次の機能を実行しなければならない。すなわち、静止目標を検出する、移動目標を検出する、滑走路又は誘導路の幅の少なくとも半分のレンジを有する、低電力であり、誤警報を感じしない、の機能である。このシステム設計は、ただ1つのタイプのセンサだけに依存しない。センサの融合的な機能が中央コンピュータ・システム12の内部で実行されるので、あらゆるタイプのセンサからのデータ入力が受け入れられ得る。各センサは、エアフィールド上で生起していることの異なる見方を中継して、中央コンピュータ・システム12がそれらを組み合わせる。このシステムで使用できるセンサには広い幅がある。新たなセンサのタイプが使用可能に

なった際には、そのセンサをこのシステムに、最小限の困難だけで、組み入れることができる。用いられた最初のセンサは、圧電トリップの周囲に取り付けられたIR近接検出器である。これらは、家庭で熱及び(又は)動きが検出されたときに、フラッドライトを点灯するのに使用されるセンサの種類である。センサ出力がアナログ信号を提供する場合には、この技術分野で公知のA/Dコンバータを用いて、マイクロプロセッサ44とのインターフェースとする。

【0021】使用できる他の近接検出器は、マイクロ波ガン(Gun)ダイオード発信器の周囲におかれる。これらは、現在、侵入アラーム、ドア・オープナ、距離測定、衝突警告、鉄道スイッチング等の応用例で使用されている。これらのタイプのセンサには短所がある。それは、これらのセンサが受動素子ではなく、空港の他の装置と抵触しないように周波数を選択する手間がかかるからである。最後に、誘導路上のホールド位置線等の場所では、ソリッド・ステート・レーザと検出器との組み合わせを、隣接する誘導路のライトの間に使用することができる。これらのセンサ・システムは、中断された際には航空機の前輪の位置を識別し得るビームを生じる。このタイプの検出器は、車両の絶対的位置が必要である場所で使用される。レーザ・ビームは、マイクロプロセッサ44によって変調されて検出器がいかなる他の漂遊放射によって妨害されることが防止される。

【0022】図2及び図4において、空港の滑走路64又は誘導路の一部が示されており、複数のエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}が滑走路及び誘導路の両側に沿って配置され、さまざまなサイズの航空機又は車両60、62を検出する。破線は、滑走路64又は誘導路の両側に沿って配置された各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}に設置されたセンサ50がカバーできるエリアを表し、この滑走路64又は誘導路上を移動するいかなる航空機60、62又はそれ以外の車両の検出を保証する。センサ50を含むエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}は、空港全体が車両の運動に対して反応するよう、相互に論理的に接続されている。ノード間の通信は、車両の位置を確認し識別するよう行われる。それがいったん行われれば、メッセージは、車両位置を報告する中央コンピュータ・システム12に送られる。エッジ・ライト・アセンブリ(センサ電子ユニット43を含まず)と誘導路電力ワイアリングが、現在でも、空港の誘導路、滑走路及びオープンエリアに沿って存在しているので、新たなケーブル設置の間に滑走路や誘導路を開鎖する不都合や費用なしで、センサ電子ユニット43を、既存のエッジ・ライト及び誘導路電力ワイアリングに、容易に加えることが可能である。

【0023】図1、図5、図8及び図9において、中央コンピュータ・システム12は、一般に、空港の管制塔又はターミナルエリアに置かれ、広域ネットワーク14

によって、ライティング・ボルト 16 内の LON ブリッジ 22_{1-n} に相互接続されている。中央コンピュータ・システム 12 は、故障に備えて 2 つの冗長コンピュータすなわち第 1 のコンピュータ 26 及び第 2 のコンピュータ 28、ディスプレイ 30、スピーチ合成ユニット 29、31、警報ライト 34、キーボード 27、及び、スピーチ認識ユニット 33 を備えており、これらの構成要素は、すべて、情報の移動のために広域ネットワーク 14 によって相互接続されている。この 2 つのコンピュータ 26、28 は、エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} 内に置かれたマイクロプロセッサ 44 を用いて通信する。エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} のマイクロプロセッサ 44 から受け取られたデータは、冗長コンピュータ 26、28 上で動くセンサ融合ソフトウェア・モジュール 101 (図 9) への入力として用いられる。コンピュータ 26、28 で動作するセンサ融合ソフトウェア・モジュール 101 の出力は、CRT ディスプレイ 30 を駆動するのに用いられ、このディスプレイは、図 8 に示した空港の滑走路及び誘導路上の各車両の位置を表示する。中央コンピュータ・システム 12 は、ニューヨーク州ホワイトプレーンズの IBM 社製造のデバイスによって実現される。広域ネットワーク 14 は、カリフォルニア州サンタクララの 3Com 社製造のデバイスによって実現される。スピーチ合成ユニット 29、31 及びスピーチ認識ユニット 33 は、マサチューセッツ州ケンブリッジの BBN 社製造のデバイスによって実現される。

【0024】スピーチ合成ユニット 29 は、スピーカ 32 に結合される。限定された情報がスピーチ合成ユニット 29 に広域ネットワーク 14 を介して送られて、空中交通管制官に音声上の警報を与える可能性を提供する。スピーチ合成ユニット 31 は、アンテナ 39 を有する無線機 37 に結合されており、パイロットに音声上の警報を与える可能性を提供する。空中交通管制官からパイロットへの声による命令は、マイクロフォン 35 によって捕捉され、無線機 36 とアンテナ 38 を介してパイロットに送られる。この実施例では、タップが作られ、スピーチ情報は、無線機 36 と、管制官が用いる限定された空中交通管制用語を認識するようにプログラムされているスピーチ認識ユニット 33 との両方に送られる。この用語とは、航空会社名、航空機の種類、0~9 の数、誘導路及び滑走路の名前、「ホールド・ショート (hold short)」、「急げ (expedite)」、「通路を譲れ (give way to)」などのいくつかの簡単なフレーズである。スピーチ認識ユニット 33 の出力は、コンピュータ 26、28 に与えられる。

【0025】再度図 2 において、電力線モデム 54 は、エッジ・ライト・ワヤリング 21_{1-n} 上にマイクロプロセッサ 44 へのデータ通信経路を与える。この 2 つの経路は、複数のエッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} と中央コンピュータ・システム 12 との間を命令及び管制

情報を移動させるのに用いられる。電力線モデム 54 の電力線トランシーバ・モジュールは、データ・チャネルを提供するのに用いられる。これらのモジュールは、データ・チャネルを作るのに搬送波電流アプローチを用いている。100~450 KHz の帯域の搬送波周波数で動作する電力線モデムは、多くのメーカーから出ている。これらのモデムは、ディレクト・シーケンス・スプレッド・スペクトル変調を用いて、最高で毎秒 1000 ビットのデータ速度のデジタル通信経路を提供する。これらは、行われた放射に対する FCC 電力線搬送波の条件に適合し、55 dB までの電力線減衰で作動し得る。この電力線モデム 54 は、カリフォルニア州 94304 パロアルトの Echelon 社製造の、PLT-10 電力線トランシーバ・モジュールと呼ばれるデバイスによって実現される。

【0026】データ・チャネルは、データ・ネットワークで用いられるオープン・システム・インターフェクション (OSI) プロトコールの輸送層又は最下層を提供する。マイクロプロセッサ 44 を実現するニューロン・チップは、7 層の OSI プロトコールを実現するのに必要なすべてのファームウェア (firmware) を含んでいる。適切な媒体を介して相互に接続される場合には、ニューロン・チップは、フォワード・エラー訂正、エラー・チェックング及び見落としメッセージの自動的再送信 (ARQ) を備えた確実な衝突感知複数アクセス (CSMA) プロトコールを用いて、自動的に相互に通信する。

【0027】命令及び管制情報は、データ・パケットの中に置かれ、ネットワーク上を 7 層 OSI プロトコールにしたがって送られる。マイクロプロセッサ 44 によって発生された中央コンピュータ・システム 12 に向けられたすべてのメッセージは、ネットワーク・ブリッジ 22 によって電力線 21_{1-n} を介して受け取られ、広域ネットワーク 14 上を中央コンピュータ・システム 12 に送られる。

【0028】マイクロプロセッサ 44 のニューロン・チップは、3 つのプロセッサ (図示せず) と、完全な 6 層 OSI をサポートするのに必要なファームウェアとを含む。ユーザは、アプリケーション・コードに対してプロセッサの 1 つを配分される。残りの 2 つのプロセッサは、アプリケーション・プログラムに、ネットワークの中のすべての他のニューロン・チップへのアクセスを与える。このアクセスが、ローカル・オペレーティング・ネットワーク略して LAN を作り出す。LON は、ハイレベルな広域ネットワーク LAN として考えることができる。本発明の実現にニューロン・チップを使用することは、そうでなければ開発が必要になるカスタム・ハードウェアやソフトウェアの量を減らすことになる。

【0029】エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} のセンサ電子ユニット 43 からのデータは、既存の空港の誘

導路ライティング電力ワイヤリング21を介して中央コンピュータ・システム12に結合される。既存のエッジ・ライト電力ラインを使用してセンサ・データをLONネットワークに伝達することには、多くの利点がある。既に指摘したように、既存のエッジ・ライトを再使用することで、新たなケーブルを設置するために滑走路及び誘導路を閉鎖する必要などなく、システムのコストを押さえることができる。

【0030】ニューロン・チップは、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}がアプリケーションのレベルで自動的に相互に通信することを可能にする。これは、個々のニューロン・チップが相互にデータを交換できるようになるネットワーク変数によって達成される。各ニューロンCプログラムは、ローカル及びネットワークの両方の変数を有している。ローカルな変数は、ニューロン・プログラムによって、スクラッチパッド・メモリとして使われる。ネットワーク変数は、ニューロン・プログラムによって、ネットワーク出力変数又はネットワーク入力変数の2つの方法の中の1つとして使われる。両方の種類の変数ともに、初期化、評価、ローカルな修正が可能である。違いは、ネットワーク出力変数がいったん修正されると、ネットワーク・メッセージが、当該出力変数にリンクした各ネットワーク入力変数に自動的に送られることがある。この変数の連関（リンク）は、設置時になされる。ニューロン・チップがネットワーク入力変数の新たな値を受け取るとすぐに、コードがベクトル化されて、ネットワーク入力変数の値に基づく適切な動作がなされる。このプログラムの利点は、このメッセージ交換形式が、メッセージ交換コードが埋め込まれたニューロンのオペレーティング・システムの一部であるために、全体として透明であることである。

【0031】次に図6において、11のネットワーク変数が、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}の各マイクロプロセッサ44のセンサ・プログラムに対して識別される。センサ50の関数は、2つの出力変数を有しており、すなわち、prelimdetect70とconfirmed_detect72である。ここでのアイデアは、センサ50が運動を検出したら常に、1つの出力をトリガされることである。他方の出力は、ローカル・センサと滑走路を横断するエッジ・ライト上のセンサが運動を特定しなければトリガしない。検出が確認された場合にだけ、信号は中央コンピュータ・システム12に与えられる。確認のこの技術が誤警報を減少させるのを助け、隣接するセンサ50が、他方のセンサprelimdetect出力70を受け取るの用いられるadj_prelim_detect78と呼ばれる入力センサを有するというこの技術を実現する。これ以外の入力変数として、upstream_detect74とdownstream_detect76があり、隣接するセンサをつなげる際に使用される。必要なのは

は、detector_sensitivity80入力だけであり、これは、中央コンピュータ・システム12が用いて、センサ50の検出能力を制御する。

【0032】白熱ライト40は、2つのネットワーク変数を必要とし、1つは入力変数であり、他方は出力変数である。入力変数light_level84はライトの輝度を制御するのに用いられる。レンジは、オフあるいは0パーセントから完全なオンあるいは100パーセントまですべてである。この0~100パーセントのレンジは、0.5パーセントのステップで作られる。エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}もまたフォトセル46を含んでいるから、出力変数light_failure84が作成されて、ランプが所望の輝度を獲得していないことを知らせる。

【0033】ストローブ・ライト48は、3つの入力変数を必要とする。ストローブ・モード86変数は、OFF、SEQUENTIAL、又はALTERNATIVEのフラッシュ・モードを選択するのに用いられる。2つのフラッシュ・モードは、判明なパターンが生成されることを要求するから、2つの入力変数であるactive_delay88とflash_delay90とが用いられて、ストローブ・フラッシュの時間を合わせる。これらの個々の遅延ファクタを設定しニューロン・チップをグループでアドレス指定することによって、たった1つの命令でフィールド・ストローブ・パターンが可能になる。

【0034】図7においては、滑走路の両側に配置された複数のエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}に対するネットワーク変数の相互接続のブロック図が示されており、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}のそれぞれは、マイクロプロセッサ44を含んでいる。マイクロプロセッサ44の中の各ニューロン・プログラムが、あるネットワーク入力及び出力変数を用いて設計される。ユーザは、入力が供給され出力が使用されることを想定して、マイクロプロセッサ44の中のニューロン・チップのためのコードを書く。実際のネットワークを作成するために、ユーザは、ソフトウェア・リンクを用いて個別のノードを相互接続することによってネットワークを「ワイヤアップ」しなければならない。結果的な分散プロセスは、図解形式によって最もよく示すことができるが、ネットワーク相互接続マトリックスの一部が、図7に示されている。センサ・ノード44₁のprelim_detect70出力が、誘導路の反対側のセンサ・ノード44₄のadj_primary_detect92入力に接続されている。これは、実際の検出を確認し、誤った報告を削除するための手段として使用される。これらの2つのノード44₁、44₄の間の通信リンクは、分散処理の一部である。この2つのノードは、中央コンピュータ・システム12に関係することなく、それらの間で通信を行う。自動モードで動作中である

か、又は、管制官によって指令を受ける場合には、システムは、音声及び視覚的な指示を介してパイロットに警告する。

【0035】図1及び図4において、中央コンピュータ・システム12は、車両が各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}におけるセンサ50からセンサ50へと通過するにつれて、車両の運動を追跡する。レーダの自動追跡アルゴリズムの変動を使用することによって、システムは、センサ50の読み取りに基づいて、すべての航空機又は車両の位置、速度及び移動方向を追跡できる。新たな車両が、搭乗ゲートを離れる又は着陸することによって、システムの中に入る。未知の車両も、自動的に追跡される。誘導路及び滑走路のライトは通常（図4及び図7に示すように）車道上で相互に横断しているので、各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}のマイクロプロセッサ44は、接触を報告する前に自らのセンサ50の入力を組み合わせて一致させるようにプログラムされている。更なる微調整は、マイクロプロセッサ44に、自らの両側のエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}によって、そのセンサ50が車両を検出したかどうかを見るようにチェックされることである。これによって、車両は、誘導路を移動していくにつれて、各エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}のセンサ電子ユニット43からセンサ電子ユニット43へと手渡していくことが可能になる。これによって、また、車両位置の報告が一貫したものになることが保証される。車両の速度は、センサ間の距離とセンサ・パターンと検出の間の時間とを用いて計算できる。

【0036】図5及び図8において、ディスプレイ30は、空港のグラフィック表示を提供するカラーモニタであり、その一部は図8に示してある。これは、空港の地図を冗長コンピュータ26、28にデジタル形式で格納することによって達成される。ディスプレイ30は、各誘導路及び滑走路又はそれ以外の空港の地上エリアに沿ったエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}に設置されたセンサ50によって検出される際に、航空機又は車両の位置を示す。空港表面上のすべての航空機又は車両はアイコンとして表示され、これらアイコンの形状は、車両のタイプによって決定される。車両の位置は、スクリーン上のアイコンの位置によって示される。車両の方向は、アイコンの向き又はアイコンから出ている矢印によって示される。車両の状態は、アイコンの色によって表される。管制官のマイクロフォン35を介して入力される地上クリアランス命令によって提供される車両の将来の経路は、ディスプレイ30上の色のついたラインとして示される。各ライト回路18_{1-n}における各エッジ・

ライト20_{1-n}を含むすべてのフィールド・ライトの状態は、ディスプレイ30上の色を介して示される。

【0037】オブジェクト指向型ソフトウェアの使用によって、空港のモデルを作成する基礎が与えられる。自動継承性のために、データ構造が各オブジェクトに対していったん定義され次に当該オブジェクトの各瞬間にに対して自動的に複製されることが可能になる。自動フローダウンは、データベースの要素はタイプエラーでは破壊されないことを保証する。また、コードが規則的（レギュラー）であり構造を有していることも保証される。ルールに基づくオブジェクト指向型プログラミングによれば、解読不可能な「スパゲッティ・コード」を作成してしまうのは難しい。オブジェクト指向型プログラミングは、滑走路、誘導路、航空機及びセンサが、オブジェクトとして直接にデコードされるのを可能にする。これらの各オブジェクトは、属性（アトリビュート）を含む。これらのアトリビュートには、滑走路22RやフライトUA347のように固定されているものがあり、また、車両状態及び位置のような変数もある。

【0038】従来のプログラミングでは、1つのオブジェクトのアトリビュートはデータ構造において記述され、当該オブジェクトの挙動はこれらのデータ構造上で動作する手順として記述された。オブジェクト指向型プログラミングは、重点をシフトさせ、第1にデータ構造に焦点を合わせ、手順には単に二次的に考える。更に重要なことに、オブジェクト指向型プログラミングによれば、自然な様でプログラムを解析し設計できる。われわれは、滑走路及び航空機の挙動又はデータ構造に焦点を合わせるのではなく、滑走路及び航空機について考える。

【0039】表1及び表2は、対応するアトリビュートを備えたオブジェクトのリストである。但し、ここで、表1と表2とは一体のものであって、便宜的に切り離しただけである。滑走路侵入問題にとって重要な各物理的オブジェクトが、モデル化されている。基本的な航空機又は車両追跡アルゴリズムが、プログラム設計言語（PDL）で表3及び表4に示されている。但し、ここで、表3と表4とは一体のものであって、便宜的に切り離しただけである。センサ融合、侵入回避及び安全警告を扱うアルゴリズムが、中央コンピュータ・システム12及びセンサのマイクロプロセッサ44の両方を使用して分散システムとして実現されるのではあるが、1つのプログラムにおいて示されている。

【0040】

【表1】

表 1

オブジェクト	アトリビュート	説 明
センサ	位置	センサのX及びY座標
	回路	交流ワイヤリング回路の名称及び数
	Unique_address	当該センサ及びその相手のネット・アドレス
	Lamp_intensity	0.5%のステップで0%~100%
	Strobe_status	プリント速度/オフ
	Strobe_delay	開始信号から
	Sensor_status	検出/非検出
	Sensor_type	赤外線、レーザ、近接、その他
	滑走路	22R, 27, 33L, etc.
	名称	センターラインの開始点のX及びY座標
滑走路	位置	フィート単位
	長さ	フィート単位
	幅	フィート単位
	方向	北からの度合
	状態	Not_active, active_takeoff, active_landing, alarm
センサ(MV)		当該滑走路に沿ったライト/センサのリスト
交点(MV)		交点のリスト
車両		滑走路上の車両のリスト

【表2】

表 2

オブジェクト	アトリビュート	説明
誘導路	名称	誘導路の名称
	位置	中央線の開始の X 及び Y 座標
	長さ	フィート単位
	幅	フィート単位
	方向	北からの程度
	状態	非アクティブ、アクティブ、アラーム
	Sensor(MV)	交点のリスト
交点	Hold_Locations	保持位置のリスト
	車両 (MV)	滑走路上の車両のリスト
	名称	交点の名称
	位置	2 本のセンターラインの交叉
航空機	状態	空／占領済
	Sensor(MV)	交点境界を作るセンサのリスト
	航空会社	ユナイテッド
	モデル	727-200
	Tail-number	N3274Z
	Empty_weight	9.5 トン
	Freight_weight	2.3 トン
	Fuel_weight	3.2 トン
	Top_speed	598 mph
	V1_speed	100 mph
【表 3】	V2_speed	140 mph
	加速	0.23 g's
	加速	0.34 g's

MV = 多変数又はアレー

表 3

```
while (forever)
| if (edge light shows a detection)
| | if (adjacent light also shows a detection sensor fusion)
| | | /* CONFIRMED DETECTION */
| | | if (previous block showed a detection)
| | | | /* ACCEPT HANDOFF */
| | | | Update aircraft position and speed
| | | else
| | | | /* MAY BE AN ANIMAL OR SERVICE TRUCK */
| | | | Alert operator to possible incursion
| | | | /* MAY BE AN AIRCRAFT ENTERING THE SYSTEM */
| | | | Start a new track
| | else
| | | Request status from adjacent light
| | | if (Adjacent light is OK)
| | | | /* NON CONFIRMED DETECTION */
| | | else
| | | | Flag adjacent light for repair
| | | endif
| | endif
| endif
```

【表4】

表 4

```
| if (Edge light loses a detection AND status is OK)
| | if (Next block showed a detection)
| | | /* PROPER HANDOFF */
| | else
| | | if (vehicle speed > = takeoff)
| | | | Handoff to departure control
| | | else
| | | | /* MISSING HANDOFF */
| | | | Alert operator to possible incursion
| | | endif
| | endif
| /* CHECK FOR POSSIBLE COLLISIONS */
| for (all tracked aircraft)
| | Plot future position
| | if (position conflict)
| | | Alert operator to possible incursion
| | endif
| endif
| Update display
endwhile
```

再び図1及び図2において、誘導路のライティング強度の制御は、通常、ライト全部を同じ直列回路上に置きその回路を流れる電流を規整することによってなされる。この実例では、ランプ40の強度は、ライト・アセンブリ20_{1-n}内に配置されたマイクロプロセッサ44に、ライト強度値を伴うメッセージを送ることによって制御されている。このメッセージによって、強度設定が、0.5パーセントのステップでの0~100パーセントの幅で許容されることになる。ライト出力をチェックするフォトセル46の使用は、バルブが応答しないならば帰還信号が送られることを可能にする。これは、ライトに関してメンテナンス報告を発生する。ストローブ・ライト48は、マイクロプロセッサ44のプログラム制御の下で、更なるオプションの可能性を提供する。エッジ・ライト・アセンブリ20のマイクロプロセッサ44のそれぞれは、個別にアドレス指定可能である。これは、フィールド上のすべてのランプが中央コンピュータ・システム12によって個別に制御可能であることを意味している。

【0041】システム10は、プログラムして、滑走路

64上に配置されたエッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}内のストローブ・ライト48を使用することによって、アクティブ滑走路指示器を提供し、アプローチ・ライト「ラビット」ストローブ・パターンを連続させることができる。このライティング・パターンは、地表が着陸のために解放された際にオンして、航空機が着陸した後で、オフすることができる。交差する誘導路に沿って滑走路に接近してきたパイロットは、明瞭かつ曖昧でない方法で、滑走路はアクティブであるから交差してはならないと警告をうける。

【0042】侵入が検出された場合には、メイン・コンピュータ26、28が滑走路のストローブ・ライト48を「ラビット」パターンから滑走路の両側で手旗信号方式で交互に点滅するパターンにスイッチできる。このパターンへのスイッチは、到着するパイロットには、追い払うもので周回飛行をせよとの信号として解釈される。ストローブのパターンへの突然のスイッチは、飛行乗務員に瞬時に受け取られて、着陸手順を中止するのに間に合う。

【0043】カテゴリIIIの天候条件の間は、滑走路と

誘導路との視界が共に非常に悪い。現在では無線に基づいた着陸システムが用いられており、航空機を最終的なアプローチから滑走路に導く。いったん誘導路に至ると、空港ターミナルに到着するためにどの誘導路を使用すべきか必ずしも明らかではない。システム 10 では、メイン・コンピュータ 26、28 が、誘導路ランプ 40 を、カテゴリ III の天候条件の間の地上で航空機を誘導する手段として制御する。誘導路ランプ 40 の強度は遠隔制御できるので、航空機の直前のランプを、ターミナルへその航空機を誘導する手段として強めたり点滅させることができる。

【0044】また、「ラビット」パターンの短いシーケンスを航空機の直前の誘導路ストローブにプログラムすることもできる。交点では、望まない経路ではランプがオフにされているか、又は、誘導路の進むべきセクションの入り口が点滅してパイロットにその方向を向かせるかがなされる。優れたシステムでは、もちろんのこと、航空機の直前にあるライトだけが制御されて、フィールド上のすべてのそれ以外のランプは通常モードのままに保たれる。

【0045】図 9 には、システム 10 (図 1 及び図 5 に示されている) の内部でのデータの流れに関するブロック図が示されている。ソフトウェア・モジュールが示され、これが、中央コンピュータ・システム 12 のコンピュータ 26、28 内のデータを処理するのに用いられる。空港における航空機及びその他の車両の追跡は、コンピュータ 26、28 内にあるセンサ融合ソフトウェア・モジュール 101 の制御の下に行われる。センサ融合ソフトウェア・モジュール 101 は、複数のセンサ 50 からデータを受け取るが、個々のセンサ 50 は各エッジ・ライト・アセンブリ 20_{1-n} 内に配置されていて検出された熱のレベルを報告し、ソフトウェア・モジュール 101 が、この情報を規則に基づく (rule based) 人工知能を利用して合成し、空港におけるすべての地上交通の完全な画像を中央コンピュータ・システム 12 のディスプレイ 30 上に作成する。

【0046】追跡アルゴリズムは、放射の周辺の背景レベルよりも高い熱レベルを検出したセンサ 50 の第 1 の報告に基づき、追跡を開始する。この検出は、次に、第 1 の報告をしたセンサから進路を挟んで向き合っているセンサによって報告される熱レベルをチェックすることによって確認される。この第 2 の読み取りは、検出された車両を確認するのに用いられ、誤警報が回避される。車両が確認されると、第 1 の報告をしたセンサに隣接するセンサが、その検出された熱レベルの変化に関して質問される。隣接センサの中の 1 つが熱レベルの上昇を検出すると、直ちに車両の方向ベクトルを定めることができる。このプロセスは、車両がセンサからセンサへと、図 7 に示されるようなバケツリレーの方式で手渡されて行くように、継続する。車両の速度は、隣接するセンサ

間の車両検出の時間を計算することによって、おおよそ決定できる。この情報は、システムのデータベースからの各センサについての情報と組み合わされて、目標の速度が計算される。高温の排気やジェット噴射が原因で、車両の後方にあるセンサは、すぐには背景レベルには戻らないこともある。この条件のために、アルゴリズムは、最初の 4 つのセンサ (誘導路の各側に 2 つ) だけを使用して車両の位置を計算する。車両は、進路のセンターライン上の第 1 の 4 つの報告を行うセンサの間にあると、常に想定される。

【0047】車両識別を、その位置で車両を識別できる自動化されたソースによって、手動又は自動で、追跡に付加できる。例としては、特定の滑走路に次に着陸する航空機の、予めの知識である。車両が検出システムを去ると追跡も終了する。これは、2 つの場合の内の 1 つとして起こる。第 1 は、車両がセンサ 50 のカバーするエリアから出た場合である。これは、車両追跡がゲートウェイ・センサの方向に移動し、ゲートウェイ・センサがコンタクトを失った後で検出が不足することにより決定される。検出システムを去る第 2 の場合は、追跡がセンサ・アレーの中間で失われる場合である。これは、航空機が出発する又は車両が草地に入り込むときに起こる。離陸のシナリオは、検出が失われる直前の車両の速度を計算することによって決めることができる。車両速度が上昇し回転速度を超えると、航空機が離陸したものと考えられる。そうでなければ、車両は草地に入り込んだものと考えられ、アラームが鳴る。

【0048】図 5 及び図 9 では、地上クリアランス・ルーティング機能を、コンピュータ 26、28 上で動いている地上クリアランス承諾確認装置ソフトウェア・モジュール 103 に従って、スピーチ認識ユニット 33 が実行する。このソフトウェア・モジュール 103 は、車両識別ルーチン、クリアランス経路ルーティング、クリアランス・チェック・ルーチン、及び、経路チェック・ルーチンを含む。

【0049】車両識別ルーチンは、スピーチ認識ユニット 33 から航空会社名とフライト番号 (たとえば、デルタ 374 便) とを受け取るのに用いられ、ディスプレイ 30 上の空港のグラフィック表示上の当該航空機のアイコンを指し示す。

【0050】クリアランス経路ルーチンは、管制官の言葉の残余を聞き取り、空港を示すディスプレイ 30 上にクリアランスのグラフィック表示を与える。

【0051】クリアランス・チェック・ルーチンは、他のクリアランス及び車両との抵触の可能性のために、クリアランス経路をチェックする。抵触が見つかった場合には、侵入を引き起こす可能性のある経路の一部が、明滅する赤色で指し示され、音声による指示がスピーカー 32 を介して管制官に与えられる。

【0052】経路チェック・ルーチンは、クリアランス

経路がコンピュータ 26、28に入力された後でセンサ50によって検出された車両の実際の経路をチェックし、何らかの逸脱に関して実際の経路を監視する。このルーチンが車両が指定されたコースから外れていることを検出した場合には、空港のグラフィック表示上の車両のアイコンは点滅し、音声による指示がスピーカー32を介して管制官に与えられ、またオプションであるが、無線機により車両のオペレータにも指示が与えられ得る。

【0053】空港車両侵入回避システム 10は、コンピュータ 26、28上で動いている衝突検出ソフトウェア・モジュール 104 内に存在する安全論理ルーチンの制御の下に動作する。安全論理ルーチンは、追跡装置ソフトウェア・モジュール 102 の位置プログラムを介して、センサ融合ソフトウェア・モジュール 101 からデータを受け取り、この情報を、規則に基づく人工知能を利用することによって解釈し、衝突や滑走路侵入の可能性を予測する。この情報は、次に、中央コンピュータ・システム 12 によって用いられて、管制塔の管制官、航空機のパイロット及びトラックのオペレータに、滑走路への侵入可能性に対する警告を与える。管制塔の管制官は、スピーカー 32 からのコンピュータ合成音声によるメッセージと共に、ディスプレイ 30 によって警告を受ける。地上交通は、交通ライト、フラッシュするライ

```
If (Runway_Status=Active),
    then (Stop_Bar_Lights=RED).
```

である。これは非常に単純で、簡単な規則である。この規則は、いかにして Runway_Status が作られるか以外は、いかなる余分の知識も必要としない。次

```
If (Departure=APPROVED) or (Landing=IMMINENT),
    then (Stop_Bar_Lights=RED).
```

侵入検出のための別の規則とは、

```
If (Runway_Status=Active) and (Intersection=OCCUPIED),
    then (Runway_Incursion=TRUE).
```

次に、滑走路及び誘導路の交点が占領されていることを

検出する規則は、

```
If (Intersection_Sensor=DETECT),
    then (Intersection=OCCUPIED).
```

航空機が位置確保停止 (Hold_Position stop) をすることを予測するためには、次の規則が

```
If (Aircraft_Stopping_Distance>Distance_to_Hold_Position),
    then (Intersection=OCCUPIED).
```

プログラムの残りの部分に影響を与えないで規則の付加が可能であることを示すために、管制塔の管制官たちにシステム 10 のデモンストレーションをした後で、彼らが、自分たちで地上における安全違反を見つけた場合のためにこの規則に基づくソフトウェアに優位する「緊急

```
If (Panic_button=PRESSED),
```

ト、停止バー、その他の警告ライト 34、ランプ 40、48、及び、コンピュータ発生音声による無線機 36 を介しての放送によって警告される。

【0054】知識に基づく (knowledge based) 問題はファジー問題とも呼ばれ、この問題の解決は、プログラム論理と、デシジョンツリー (decision tree) を動的に作り出すインターフェース手段 (interface engine) との両者に依存し、特定の場合に関してどちらの方法が最も適切であるかの選択が考慮される。規則に基づくシステムは、可能な応用例の範囲を拡大する。このシステムによれば、設計者たちは、判断や経験を組み入れができるし、問題群全体を横断する一貫した解決アプローチをとることが可能になる。

【0055】規則に基づく侵入検出ソフトウェアのプログラミングは、非常に簡単なものである。規則は英語で書かれていて、専門家たち、ここでは管制塔の関係者とパイロットが、理解可能なレベルでシステムを検討することができる。規則に基づくシステムのもう 1 つの特徴は、規則が独立していることである。これらの規則は、コードの他の部分に影響を与えることなく、付加、削除、修正が可能である。これは、スクラッチ (scratch) から作られたコードに関してはほとんど不可能である。我々が使用する規則の一例は、

Runway_Status に影響を与える規則をいくつか作ってみる。

【0056】

```
If (Departure=APPROVED) or (Landing=IMMINENT),
    then (Stop_Bar_Lights=RED).
```

作られる。すなわち、

ボタン」を管制塔に設けてほしいと決定したと想定してみよう。ボタンを新たに設置すること以外に、次のもう 1 つの規則を加えるというのが唯一の変更である。すなわち、

中央の規則に基づくコンピュータ・プログラムが作成し、理解し、修正することに関して非常に簡単であることが容易に理解されよう。侵入のタイプが定義されると、システム10は、より多くの規則を付加することによってグレードの向上が可能である。

【0057】再び図9において、ブロック図が、システム10(図1)内部の機能的成分の間のデータの流れを示している。車両は、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}のそれぞれにおけるセンサ50によって検出される。この情報は、エッジ・ライト・ワイアリング21_{1-n}を介してLONネットワーク上を運ばれ、LONブリッジ22_{1-n}に至る。個々のメッセージ・パケットは、次に、WANインターフェース108に達する広域ネットワーク(WAN)14上を、冗長コンピュータ26、28まで送られる。冗長コンピュータ26、28に到着した後では、メッセージ・パケットは、メッセージ・パーサー・ソフトウェア・モジュール100によってチェックされ、照合される。メッセージの内容は、次に、センサ融合ソフトウェア・モジュール101に送られる。センサ融合ソフトウェア・モジュール101は、空港にあるすべてのセンサ50の状態を追跡するのに用いられる。このソフトウェア・モジュールは、空港からのデータをフィルタし、照合して、メモリにセンサ・アレーの代表的な画像を格納する。この情報は、ディスプレイ30によって直接利用され、どのセンサが応答しており、また、追跡装置ソフトウェア・モジュール102によって用いられているかが示される。追跡装置ソフトウェア・モジュール102は、センサ状態の情報を用いて、どのセンサ50の報告が実際の車両に対応するかを判断する。更に、センサの報告及び状態が変化するにつれて、追跡装置ソフトウェア・モジュール102は車両の運動を識別して、目標位置及び方向出力を生じる。この情報は、ディスプレイ30によってスクリーン上に適切な車両アイコンを表示するのに用いられる。

【0058】車両の位置及び方向は、また、衝突検出ソフトウェア・モジュール104によっても用いられる。このモジュールは、地上のすべての車両をチェックして、それらの予想されるコースをプロットする。いずれかの2つの目標が交差する経路にいる場合には、このソフトウェア・モジュールは、ディスプレイ30、警告ライト34、対応するスピーカー32に結合されたスピーチ合成ユニット29、及び、アンテナ39に結合した無線機37に結合されたスピーチ合成ユニット31を使ってオペレータに警告を伝える。

【0059】更に図9において、目標所在及び位置データを更に利用するのは、地上クリアランス承諾確認装置ソフトウェア・モジュール103である。このソフトウェア・モジュール103は、スピーチ認識ユニット33を介しての管制官のマイクロフォン35からの地上クリ

アランス命令を受け取る。クリアランスがなされたルートがいったん決定されると、それは地上クリアランス承諾確認装置ソフトウェア・モジュール103に格納され、車両が実際にとるルートと比較するのに用いられる。追跡装置ソフトウェア・モジュール102から受け取った情報が車両は指定されたコースから外れていることを示す場合には、このソフトウェア・モジュール103は、ディスプレイ30、警告ライト34、スピーカー32に結合されたスピーチ合成ユニット29、及び、アンテナ39に結合した無線機37に結合されたスピーチ合成ユニット31を使ってオペレータに警告を伝える。

【0060】キーボード27は、キーボード・パーサー・ソフトウェア・モジュール109に接続されている。命令がこのキーボード・パーサー・ソフトウェア・モジュール109によって確認されると、それは、ディスプレイ30のオプションを変更し、センサ及びネットワーク・パラメータを再構成するのに用いられる。ネットワーク構成データベース106は、これらの再構成命令によって更新される。この情報は、次に、命令メッセージ発生器107によってLONメッセージ・パケットに向かされ、WANインターフェース108及びLONブリッジ22_{1-n}を介して、エッジ・ライト・アセンブリ20_{1-n}に送られる。

【0061】これで、好適実施例の説明を終わる。しかし、この発明の技術思想から離れることなく多くの修正や改変が当業者には明白であろう。従って、本発明の範囲は、冒頭の特許請求の範囲によってのみ画定されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【図1】空港車両侵入回避システムの発明のブロック図である。

【図2】エアフィールド・ライティング・システムのエッジ・ライトに結合されたセンサ電子ユニットを示すエッジ・ライト・アセンブリのブロック図である。

【図3】センサ電子ユニットの上部に位置するエッジ・ライトを示すエッジ・ライト・アセンブリの図解である。

【図4】ここに示した様々なサイズの航空機を検出するために、滑走路又は誘導路の両側に沿って配置された複数のエッジ・ライト・アセンブリを有する、エアフィールドの滑走路又は誘導路の図解である。

【図5】図1に示した中央コンピュータ・システムのブロック図である。

【図6】エッジ・ライト・アセンブリのマイクロプロセッサと、センサ、ライト及びストローブ・ライトとのインターフェースのためのプログラミングに用いられる11個のネットワーク変数である。

【図7】滑走路又は誘導路に沿って位置するセンサ電子ユニットをそれが含む、滑走路の両側に配置された

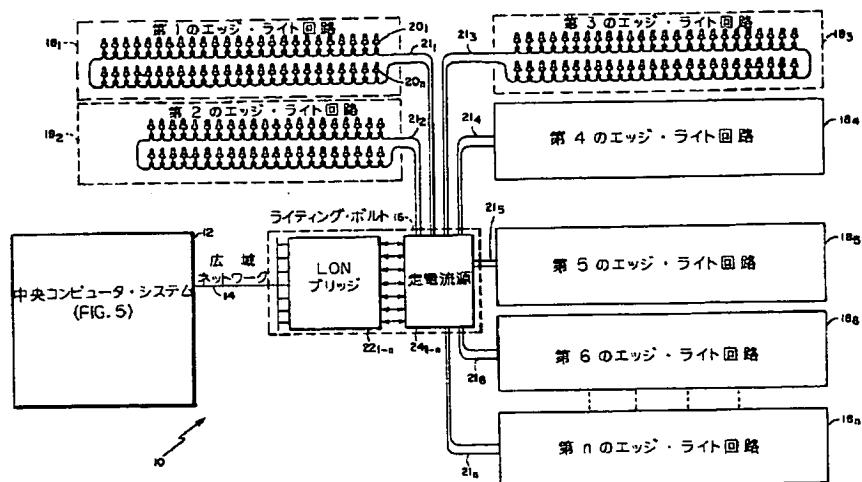
複数のエッジ・ライト・アセンブリのためのネットワーク変数の相互接続を示している。

【図8】管制塔にいるオペレータの見た空港の一部分における典型的な誘導路／滑走路のグラフィック表示であり、この表示は、滑走路及び誘導路にそって配置され

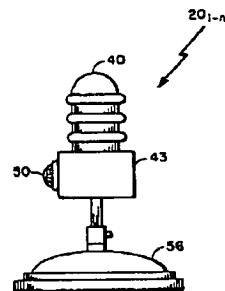
たエッジ・ライト・アセンブリに設置されたセンサによって検出された車両の位置を示している。

【図9】図1及び図5に示したシステム内のデータの流れのブロック図である。

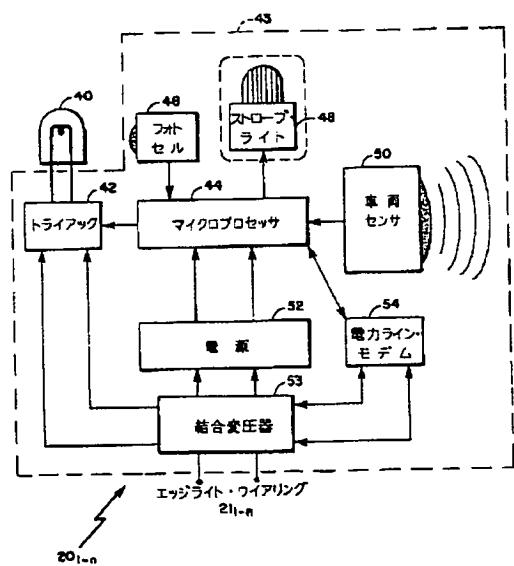
【図1】



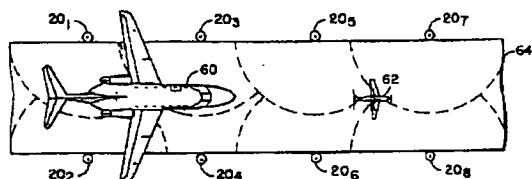
【図3】



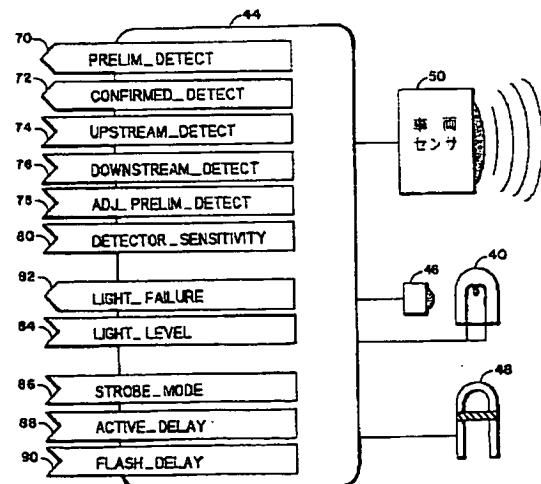
【図2】



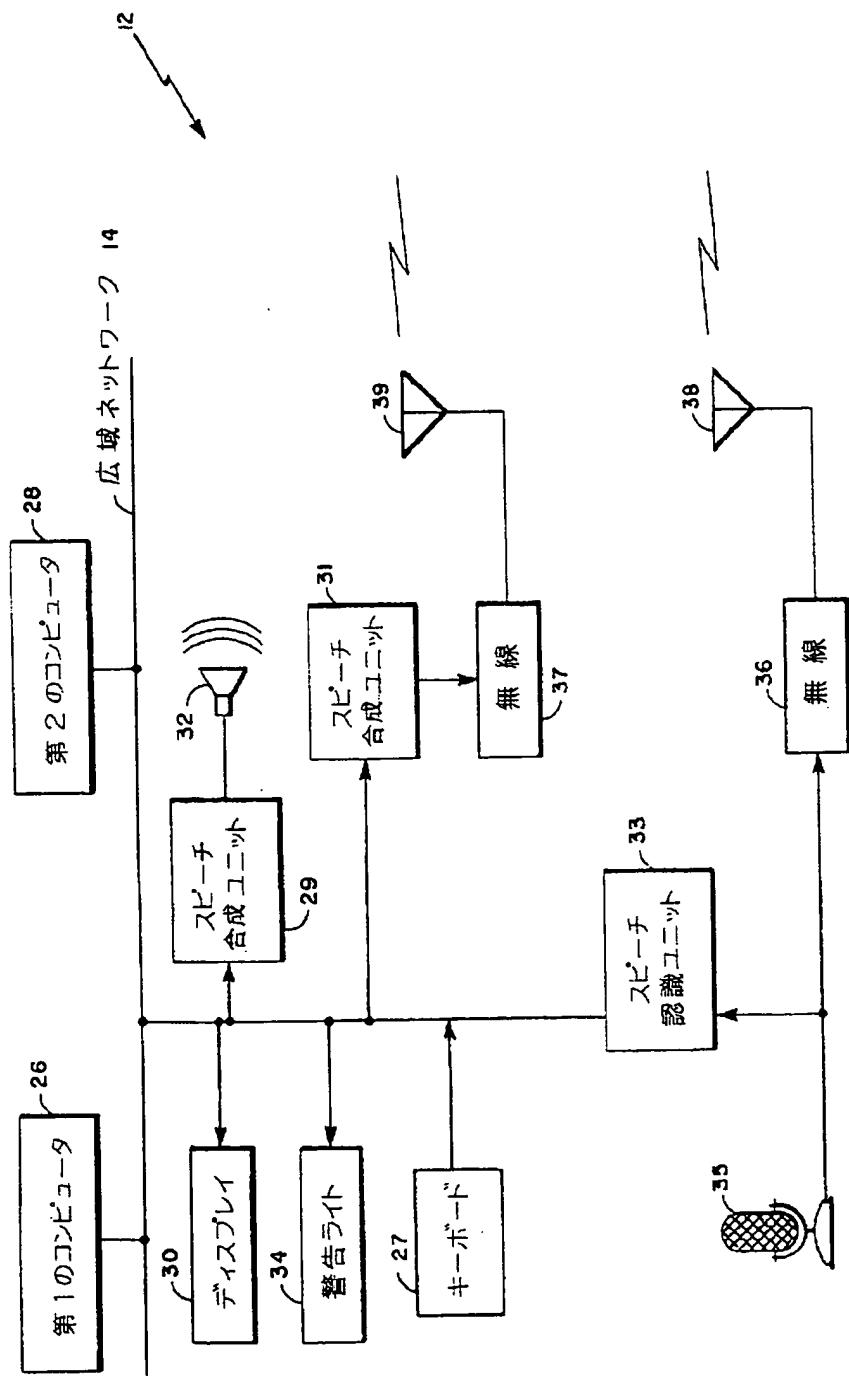
【図4】



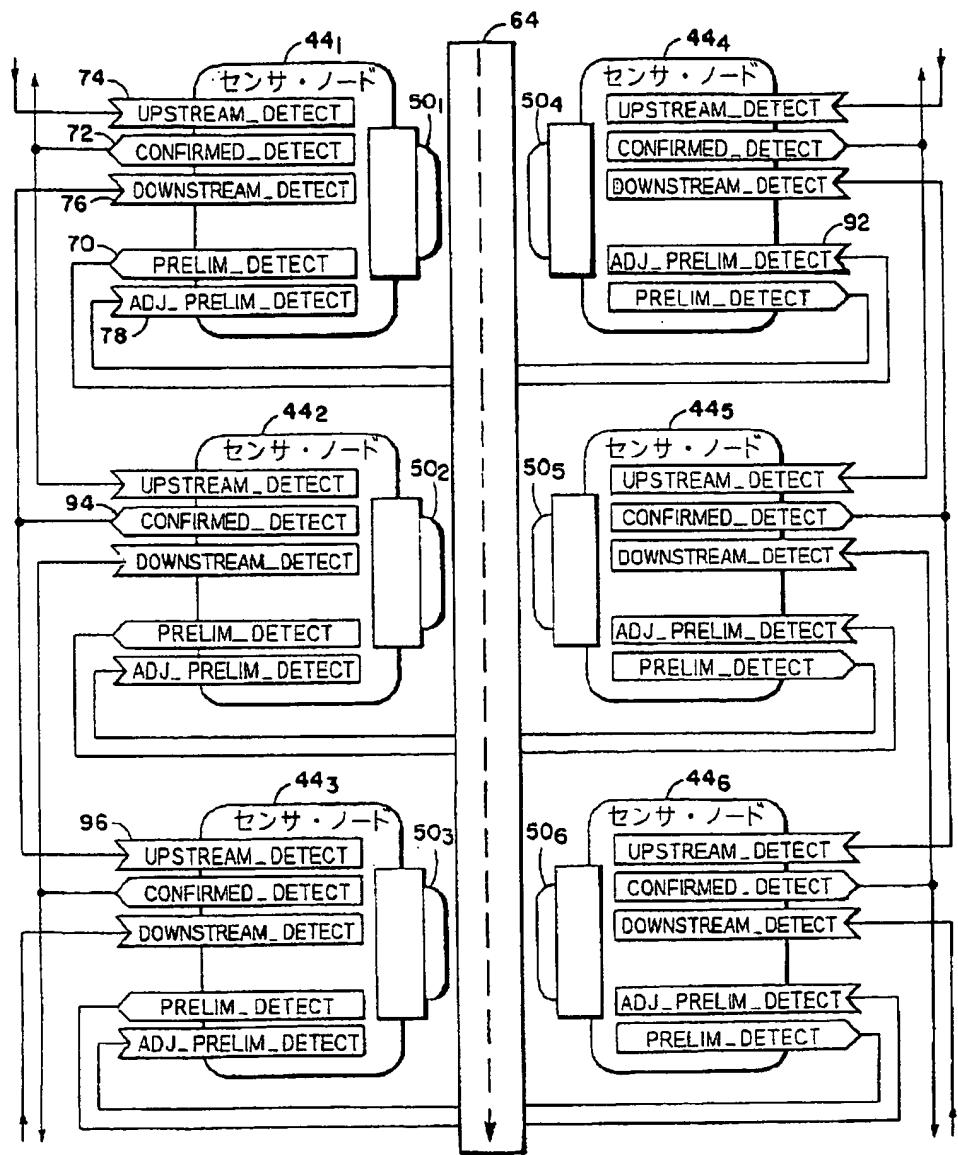
【図6】



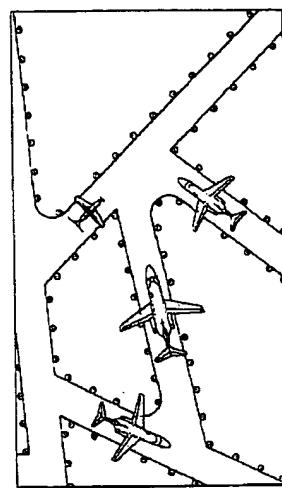
【図5】



【図 7】



【図 8】



【図9】

